

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-352505

(43)Date of publication of application : 19.12.2000

(51)Int.Cl.

G01B 11/06  
G01B 11/26  
H01L 21/205  
H01L 21/3065  
H01L 21/66

(21)Application number : 2000-090237

(71)Applicant : TOSHIBA CORP.

(22)Date of filing : 29.03.2000

(72)Inventor : YAMADA WATARU

(30)Priority

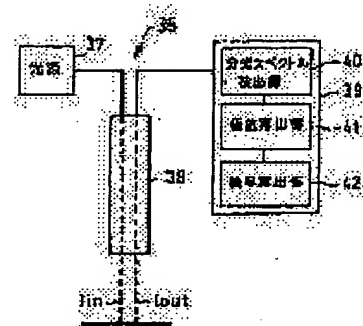
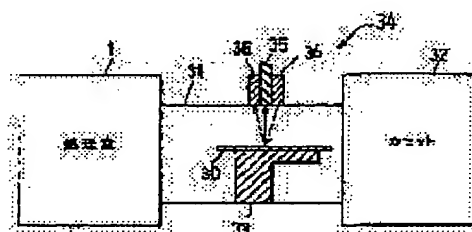
Priority number : 11097455 Priority date : 05.04.1999 Priority country : JP

**(54) METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING FILM THICKNESS, THIN FILM-PROCESSING APPARATUS AND MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR APPARATUS**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To accurately measure a film thickness of a body to be processed which includes inclinations and vibrations in a film thickness measurement apparatus while being transferred by correcting a quantity of reflecting light to measure the film thickness if the body to be processed is inclined thereby changing the quantity of reflecting light.

**SOLUTION:** When a body 30 to be processed which has a film formed or is etched in a processing chamber 1 passes a predetermined position in a transfer chamber 31, a light projected from a light source 37 is irradiated and a reflecting light from the body 30 is received by a light-projecting/receiving part 38. A maximal value and a minimal value of a reflection spectral spectrum are calculated by a value calculation part 41 from a relationship of a reflectance to a wavelength detected by a spectral spectrum detection part 40 of a film thickness measurement part 39. Further, a film thickness is calculated by a film thickness calculation part 42 on the basis of the maximal and minimal values. A relationship of an inclination of the body 30 and a decrease in quantity of light is obtained beforehand. A decrease amount of the quantity of light is obtained from an inclination angle  $\theta$  of the body 30 calculated by an inclination sensor 36, so that the quantity of light can be corrected.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-352505  
(P2000-352505A)

(43) 公開日 平成12年12月19日 (2000. 12. 19)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-コード (参考)
G 0 1 B 11/06		G 0 1 B 11/06	G
	11/26		Z
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	
	21/3065		P
	21/66		A
		21/302	
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-90237 (P2000-90237)

(22) 出願日 平成12年 3 月29日 (2000. 3. 29)

(31) 優先権主張番号 特願平11-97455

(32) 優先日 平成11年 4 月 5 日 (1999. 4. 5)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 山田 渉

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株  
式会社東芝生産技術センター内

(74) 代理人 100083161

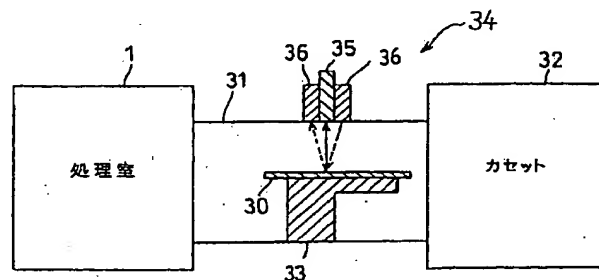
弁理士 外川 英明

(54) 【発明の名称】 膜厚測定方法および装置、薄膜処理装置並びに半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 被処理体を振動が伴う搬送中に対しても、精度良く膜厚測定を行う。

【解決手段】 膜厚測定系 35 を用いて干渉分光方式によって被処理体 30 の膜の厚みを測定する膜厚測定装置において、膜厚測定系 35 は、測定光学軸に対して被処理体 30 が傾いて反射光量が変化しても、その傾き量を検知し光量補正を行って膜厚を測定することで、振動が伴う搬送中でも精度良く膜厚測定が行える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】膜が形成されている被処理体に光を照射し反射光を受光して前記膜の厚みを測定する膜厚測定方法において、

前記被処理体が傾いて反射光量が変化する場合に、当該反射光量を補償して前記膜の厚みを測定することを特徴とする膜厚測定方法。

【請求項 2】膜が形成されている被処理体に光を照射し反射光を受光して前記膜の厚みを測定する膜厚測定手段を備えた膜厚測定装置において、

前記膜厚測定手段は、前記被処理体が傾いて反射光量が変化する場合に、当該反射光量を補償して前記膜の厚みを測定するように構成されていることを特徴とする膜厚測定装置。

【請求項 3】被処理体表面に形成される薄膜の膜厚を制御しながら処理を行うための薄膜処理装置において、前記薄膜が形成されている被処理体に光を照射し反射光を受光して前記膜の厚みを測定する膜厚測定手段を備え、前記膜厚測定手段は、前記被処理体が傾いて反射光量が変化する場合に、当該反射光量を補償して前記膜の厚みを測定するように構成されていることを特徴とする薄膜処理装置。

【請求項 4】シリコンウエハ上に所定厚みの薄膜を形成して回路を作り込んだ半導体チップを作成する前工程と、前記半導体チップを切り分けモールド樹脂で封入する後工程と、により半導体装置を製造する半導体装置の製造方法において、

前記薄膜が形成されている前記シリコンウエハに光を照射し反射光を受光して前記薄膜の厚みを測定するに際し、前記シリコンウエハが傾いて反射光量が変化する場合に、当該反射光量を補償して前記膜の厚みを測定し、その厚み情報に基づいて前記薄膜の厚みが所定値になるように制御しながら半導体装置を製造することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 5】膜厚測定系を用いて干渉分光方式によって被処理体の膜の厚みを測定する膜厚測定装置において、前記膜厚測定系は、測定光学軸に対して前記被処理体が傾いて反射光量が変化しても、その傾き量を検知し光量補正を行って膜厚を測定することを特徴とする膜厚測定装置。

【請求項 6】前記膜厚測定系は、膜厚測定手段と傾きセンサとを備え、前記傾きセンサは、前記被処理体へ斜め方向から光を照射してその反射光を検出し、その反射光の位置のずれ量により傾き量を算出することを特徴とする請求項 5 に記載の膜厚測定装置。

【請求項 7】前記膜厚測定系は、前記被処理体が傾くことによる見かけの膜厚増加分を、前記傾きセンサにより傾き量を検知することにより算出して膜厚補正を行うことを特徴とする請求項 5 に記載の膜厚測定装置。

【請求項 8】前記膜厚測定系は、膜厚測定手段として前

記反射光を受光するマルチ光ファイバを備えていることを特徴とする請求項 5 に記載の膜厚測定装置。

【請求項 9】膜が形成されている被処理体に光を照射し反射光を受光して前記膜の厚みを測定する膜厚測定手段を備えた膜厚測定装置において、

前記膜厚測定手段は、前記被処理体に光を照射するための投光用光ファイバと、前記反射光を受光するための受光用マルチ光ファイバとを備えたことを特徴とする膜厚測定装置。

10 【請求項 10】膜が形成されている被処理体に光を照射し反射光を受光して前記膜の厚みを測定する膜厚測定手段を備えた膜厚測定装置において、

前記膜厚測定手段は、前記被処理体に光を照射するための投光用光ファイバと、前記反射光を受光するために前記投光用光ファイバよりも径が大きな受光用光ファイバとを備えたことを特徴とする膜厚測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、薄膜処理装置の成膜チャンバやエッチングチャンバ内で、成膜あるいはエッチング等の処理が行なわれた被処理体である、例えば、液晶基板や半導体基板に対して、成膜あるいはエッチング加工を施した膜の厚さを測定する膜厚測定方法および装置、この膜厚測定方法を用いて膜厚管理を行う成膜装置やエッチング装置等の薄膜処理装置、並びに半導体装置の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、半導体製造プロセス等では、金属薄膜や絶縁膜の形成に、プラズマ CVD (Chemical Vapor Deposition) 装置や熱 CVD 装置等の化学気相成長法を用いた成膜装置やプラズマエッチング・アッシング装置等の薄膜処理装置が広く用いられている。

【0003】これらの成膜装置では、原料ガスとして、モノシラン (SiH<sub>4</sub>) ガス、TEOS (Tetra Ethyl Ortho Silicate) ガス、有機金属化合物のガス等を用い、これらの原料ガスを反応室内に供給し被処理体上に絶縁膜や金属膜等の薄膜や配線等の形成を行っている。

40 【0004】また、エッチング装置では同様に、反応室内にエッチングガスを供給して被処理体をエッチング処理している。

【0005】一般に、これらの薄膜処理装置では、処理室内に載置された被処理体と対向する位置に、高周波を印加する上部電極が設置された構造なので、被処理体の上部から成膜物質やエッチングガスを与えて処理する薄膜処理装置では、処理中の被処理体の膜厚を上部から光を照射して測定することは困難である。そのため、処理室 (チャンバ) からカセットへの搬送時に搬送チャンバ内で膜厚を測定することが考慮されている。

【0006】また、これらの測定は、搬送中に行うものと、その搬送を一時停止させて被処理体を安定させてから測定するものとに分かれる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、搬送中に被処理体を測定する方法では、その固定が不安定なものも多く、干渉分光方式で膜厚測定を行おうとすると、その被処理体の傾きによって得られる反射スペクトルの強度が変動し、膜厚を精度よく測定することはできない。

【0008】また、傾いたまま測定しようとする、その傾きによって光路差が増加するために膜厚は実際より厚く測定されてしまう。

【0009】一方、その搬送を一時停止させて被処理体を安定させてから測定したとしても、被処理体の傾きや振動が治まってから測定を行う必要がある、それらを待つ時間が必要になる。そのため、タクトタイムが延びてしまい処理工程の時間が長くなってしまう。

【0010】本発明はこれらの事情にもとづいて成されたもので、膜厚処理装置の処理室からカセットへの搬送中で、かつ、膜厚測定装置に対して傾きを伴う被処理体の膜厚の測定を干渉分光方式で行っても、また、同様に搬送中で、振動を伴う被処理体に対しても、精度良く膜厚測定を行う膜厚測定方法および装置、それを用いた成膜装置やエッチング装置等の薄膜処理装置、並びに半導体装置の製造方法を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明においては、膜が形成されている被処理体に光を照射し反射光を受光して前記膜の厚みを測定する膜厚測定方法において、前記被処理体が傾いて反射光量が変化する場合に、当該反射光量を補償して前記膜の厚みを測定することを特徴としている。

【0012】また、膜が形成されている被処理体に光を照射し反射光を受光して前記膜の厚みを測定する膜厚測定手段を備えた膜厚測定装置において、前記膜厚測定手段は、前記被処理体が傾いて反射光量が変化する場合に、当該反射光量を補償して前記膜の厚みを測定するように構成されていることを特徴としている。

【0013】また、被処理体表面に形成される薄膜の膜厚を制御しながら処理を行うための薄膜処理装置において、前記薄膜が形成されている被処理体に光を照射し反射光を受光して前記膜の厚みを測定する膜厚測定手段を備え、前記膜厚測定手段は、前記被処理体が傾いて反射光量が変化する場合に、当該反射光量を補償して前記膜の厚みを測定するように構成されていることを特徴としている。

【0014】また、シリコンウエハ上に所定厚みの薄膜を形成して回路を作り込んだ半導体チップを作成する前工程と、前記半導体チップを切り分けモールド樹脂で封

入する後工程と、により半導体装置を製造する半導体装置の製造方法において、前記薄膜が形成されている前記シリコンウエハに光を照射し反射光を受光して前記薄膜の厚みを測定するに際し、前記シリコンウエハが傾いて反射光量が変化する場合に、当該反射光量を補償して前記膜の厚みを測定し、その厚み情報に基づいて前記薄膜の厚みが所定値になるように制御しながら半導体を製造することを特徴としている。

【0015】また、膜厚測定系を用いて干渉分光方式によって被処理体の膜の厚みを測定する膜厚測定装置において、前記膜厚測定系は、測定光学軸に対して前記被処理体が傾いて反射光量が変化しても、その傾き量を検出し光量補正を行って膜厚を測定することを特徴としている。

【0016】また、前記膜厚測定系は、膜厚測定手段と傾きセンサとを備え、前記傾きセンサは、前記被処理体へ斜め方向から光を照射してその反射光を検出し、その反射光の位置のずれ量により傾き量を算出することを特徴としている。

【0017】また、前記膜厚測定系は、前記被処理体が傾くことによる見かけの膜厚増加分を、前記傾きセンサにより傾き量を検知することにより算出して膜厚補正を行うことを特徴としている。

【0018】また、前記膜厚測定系は、膜厚測定手段として前記反射光を受光するマルチ光ファイバを備えていることを特徴としている。

【0019】また、膜が形成されている被処理体に光を照射し反射光を受光して前記膜の厚みを測定する膜厚測定手段を備えた膜厚測定装置において、前記膜厚測定手段は、前記被処理体に光を照射するための投光用光ファイバと、前記反射光を受光するための受光用マルチ光ファイバとを備えたことを特徴としている。

【0020】また、膜が形成されている被処理体に光を照射し反射光を受光して前記膜の厚みを測定する膜厚測定手段を備えた膜厚測定装置において、前記膜厚測定手段は、前記被処理体に光を照射するための投光用光ファイバと、前記反射光を受光するために前記投光用光ファイバよりも径が大きな受光用光ファイバとを備えたことを特徴としている。

【0021】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態を、薄膜処理装置であるプラズマ処理装置に適用した場合について、図面を参照して説明する。

【0022】図1はプラズマ処理装置の概略断面図である。このプラズマ処理装置の処理室1は、アルミニウム等の材質で気密構造で電氣的に接地され、底部にはセラミック等の絶縁板2を介して支持台3が設けられている。この絶縁板2は、処理室1と支持台3とを電氣的に絶縁している。

【0023】支持台3の内部には、冷却ジャケットなど

の冷却室4が設けられ、この冷却室4には、支持台3を所望の温度に冷却するための冷媒が循環可能なように、冷媒を導入する冷媒導入管5と冷媒を排出する冷媒排出管6が接続されている。

【0024】支持台3の上面には、アルミニウム等の材質からなる下部電極7が着脱可能に設けられている。この下部電極7の上面には、被処理体30である、例えば半導体の基板をクーロン力により吸着保持する静電チャック8が設けられている。この静電チャック8は、例えば電解箔銅からなる導電層8aを両側から、例えばポリイミドフィルムやセラミックからなる絶縁層8bで挟んで接着剤により接着された構成となっている。導電層8aには、供給リード線9を介して処理室1の外部に設けられた直流電源10が接続され、この直流電源10により導電層8aに静電チャック用の直流電圧を印加すると、分極によるクーロン力によって基板は静電チャック8上に吸着保持される。

【0025】そして、下部電極7には、処理室1の外部に設けられている高周波電源11からの、例えば周波数13.56MHzの高周波電力が、マッチング回路12、ブロッキングコンデンサ13をそれぞれ介して、電力供給線14によって供給される。

【0026】支持台3および下部電極7には、冷却室4の温度を基板に伝達する伝熱媒体、例えば不活性ガスのヘリウムガスを伝熱ガス供給源15から供給するための伝熱ガス供給路16が設けられている。この伝熱ガス供給路16は、下部電極7の内部に設けられた伝熱ガス分散室17を介して、下部電極7および静電チャック8内を貫通して多数設けられた伝熱ガス流出路18に通じている。

【0027】すなわち、伝熱ガス供給源15からの伝熱ガスは、伝熱ガス供給路16を通り、一旦、伝熱ガス分散室17に入り、その後、伝熱ガス流出路18にそれぞれ分岐し、静電チャック8表面上に設けられた伝熱ガス吹き出し口19より静電チャック8の上面に載置された基板の裏面に供給される構成となっている。そして、このように基板の裏面に供給される伝熱ガスは、下部電極7の熱を効率良く基板に伝達する。

【0028】すなわち、処理室1の内部が真空雰囲気であっても、基板に支持台3の熱を伝達することができ、また、より効率よく支持台3の熱を基板に伝達するためには、支持台3と下部電極7との間の間隙に上記と同様に伝達ガスを供給することが望ましい。

【0029】また、下部電極7の上端周縁部には、被処理体30を囲むようにして環状のフォーカスリング20が設けられている。このフォーカスリング20は、絶縁材料もしくは導電性材料、例えばSiCやCなどから選択して設けられ、プラズマ領域を調整するために用いられる。

【0030】一方、処理室1の内部の上方には、この処

理室1とは電気的に絶縁されている上部電極21が配設されている。この上部電極21の内部には処理ガス拡散室22が形成され、この処理ガス拡散室22の中央部には、ゲートバルブ23を介してガス供給管24が接続されている。そして、このガス供給管24は、ガス供給源25に接続されており、このガス供給源25とゲートバルブ23の間には、マスフローコントローラ26が設けられ所望の流量の所定の処理ガスを処理ガス拡散室22に供給できるようになっている。

10 【0031】上部電極21の下側には、処理ガス拡散室22内から処理ガスを処理室内に導入するためのガス供給孔27が形成されている。

【0032】〔第1の実施の形態〕上記のような薄膜処理装置に取付けられて用いられる、本発明に係る膜厚測定手段（膜厚測定ユニット34）に関する第1の実施の形態について、以下に図2乃至図7を参照して説明する。

20 【0033】図2に示すように、処理室1の側壁の外側には、この側壁で隔てられた搬送チャンバ31が設けられており、その側壁の静電チャック8の側方位置には、搬送チャンバ31内に設けられた後述する搬送ロボットが進退する進退部が設置されている。搬送チャンバ31の処理室1と隣接した側壁と異なる側壁にはカセット32が隣接して設置されている。

30 【0034】搬送チャンバ31は、内部に被処理体30を保持して、処理工程に応じてカセット32と処理室1へそれぞれ搬送する搬送ロボット33が設けられている。また、搬送チャンバ31の天板には、搬送ロボット33の搬送軌跡を投光・受光する位置（成膜あるいはエッチングされる基板面に正対する位置）に膜厚測定ユニット34が設けられている。

【0035】この膜厚測定ユニット34は、図2にその概略図を示すように中央部に膜厚測定系35が設置され、その周囲に傾きセンサ36が配設されている。

40 【0036】膜厚測定系35は、図3にそのブロック図を示すように光干渉法を用いた膜厚測定系35で、光源37に投・受光部38が接続し、この投・受光部38に膜厚測定部39が接続している。また、膜厚測定部39は、投・受光部38からの出力が接続されている分光スペクトル検出部40と、この分光スペクトル検出部40からの出力が接続されている極値算出部41と、さらに、この極値算出部41の出力が接続されている膜厚算出部42とで構成されている。

50 【0037】また、傾きセンサ36は、図4(a)に平面図を、図4(b)に側面図を示すように、被処理体30に光を投光する投光部44と、その投光された光が基板で反射した反射光を検出する受光部45から成っている。受光部45には、光が投光されている位置を検知するために、例えば、図示しないポジションセンサ等も備えている。

【0038】また、この傾きセンサ36は、センサ面は4分割されており44-aから照射された光 $L_a$ は被処理体30表面で反射しその反射光 $L_a$ 、を受光部45-aで受光する。他の44-b、44-c、44-dもそれぞれ相対する受光部45-b、45-c、45-dが組となる。被処理体30が膜厚測定系35に対し垂直（被処理体30の法線と膜厚測定系35の光学軸が同一）であるときは、投光部44-a、44-b、44-c、44-dから出た光は、被処理体30で反射し、受光部45-a、45-b、45-c、45-dの中心に照射される。

【0039】なお、図2、図3および図4(a)および(b)では、制御系に関する記述を省略しているが、実際の装置では、成膜あるいはエッチング装置の制御系と、膜厚測定部39および傾きセンサ36は、相互に信号を交換しながら制御して作動している。

【0040】次に上記のごとく構成された装置の作用について説明する。

【0041】処理室1にて成膜あるいはエッチングされた被処理体30は、搬送チャンバ31内の搬送ロボット33に載せられ、カセット32へ戻される。搬送チャンバ31内の所定の位置を被処理体30が通過する際に、膜厚測定系35の光源37から被処理体30に光が照射される。

【0042】光源37から出射した光は投・受光部38を介して被処理体30に入射光 $I_{in}$ として入射される。そして、被処理体30で反射された反射光 $I_{out}$ は投・受光部38で受光される。この投・受光部38で受光された反射光 $I_{out}$ は膜厚測定部39の分光スペクトル検出部40に入力される。この分光スペクトル検出部40は、被処理体30に入射される光の波長に対する反射率の関係を予め格納されているデータから検出する。分光スペクトル検出部40で検出された波長に対する反射率の関係より極値算出部41で反射分光スペクトルの極大値と極小値が算出される。さらに、極値算出部41で算出された反射分光スペクトルの極大値と極小値に基づいて膜厚算出部42において膜厚が算出される。

【0043】すなわち、分光スペクトル検出部40では、図5に示すように、反射分光スペクトルが得られる。また、同時に、傾き検出系の投光部44から被処理体30に照射され反射した光は受光部45の受光面内の任意位置にて受光される。

【0044】もし、ここで被処理体30が傾いていると、図6(b)に示すように、膜厚測定部39の受光部（投・受光部）38に入る光は、図6(a)に示す正規の光量よりも少ない光量となる。そのため、図5(b)のように、強度の低い分光スペクトルが得られることになる。

【0045】また同時に、図7(a)および(b)に示すように、膜厚測定系35から出た光は、測定する膜の

中を斜めに透過することになり被処理体30に対し垂直に入射した場合に比べ、 $D(1 - \cos \theta) / \cos \theta$ だけ膜厚が厚くなる。その結果、図5(b)のように分光スペクトルが変形する。つまり極値をとる波長が変化することになる。なお、Dは膜厚、 $\theta$ は被処理体30の傾きである。

【0046】これに対して、傾きセンサ36を用いた場合は、図4(b)において、被処理体30が傾くと、たとえば44-aから被処理体30に照射して反射した光 $L_a$ は、受光面45-aの中心から外れた位置に照射される。同様に、45-b、45-c、45-dの受光面でも照射される位置がずれる。これらのずれ分と被処理体30の傾きとの関係を予め求めておけば、被処理体30が搬送されたときの受光部45-a、45-b、45-c、45-dの受光位置から、被処理体30の傾き $\theta$ を知ることが出来る。

【0047】一方、図6(a)および(b)において、被処理体30の傾きと光量の減少との関係を予め求めておく。傾きセンサ36によって算出された被処理体30の傾き $\theta$ から光量の減少量が求まるので光量補正を行うことができ、図6(b)のスペクトルから膜厚を算出することができる。

【0048】ただしここで得られた膜厚には、図7(b)のように膜厚増加分が誤差として含まれている。この膜厚に $\cos \theta$ をかけることで、図7(a)に示すような本来の膜厚Dを求めることが出来る。

【0049】この傾き検知は、膜厚測定系35にて測定すると同時に、かつ瞬時に行うため、搬送中に被処理体30が振動して任意の方向に傾いていても精度よく膜厚を算出することができる。また、この膜厚測定は、そのサンプリング周期以上のタイミングであれば繰り返し実行可能なので、被処理体30を搬送中に連続測定することで被処理体30内の多点測定を行うことも可能である。

【0050】また、搬送ロボット33の動きと連動して測定することで、被処理体30の所定位置を狙って測定することもできる。

【0051】さらに、ここで測定した膜厚値を用いることで、成膜あるいはエッチングレート（プロセス条件）を求めることで、次の被処理体30へフィードバックでき、膜厚のバラツキを押さえた、良好な成膜あるいはエッチングを行うことが出来る。

【0052】[第2の実施の形態] 次に、図8乃至図11を参照して本発明の第2の実施形態に係る膜厚測定方法・装置について説明する。なお、図8乃至図11には図2乃至図7と同一部分には同一符号を付して詳細な説明は一部省略する。

【0053】図8に示すように、処理室1の側壁の外側には、この側壁で隔てられた搬送チャンバ31が設けられており、その側壁の静電チャック8の側方位置には、

搬送チャンバ31内に設けられた後述する搬送ロボットが進退する進退部が設置されている。搬送チャンバ31の処理室1と隣接した側壁と異なる側壁にはカセット32が隣接して設置されている。

【0054】搬送チャンバ31は、内部に被処理体30を保持して、処理工程に応じてカセット32と処理室1へそれぞれ搬送する搬送ロボット33に搬送軌跡を投光・受光する位置（成膜あるいはエッチングされる基板面に正対する位置）に膜厚測定ユニット34が設けられている。この膜厚測定ユニット34の周囲はチルトステージ63に支持されており、チルトステージ63を駆動することにより膜厚測定ユニット34のチルト（傾き）を制御可能に構成している。

【0055】なお、膜厚測定ユニット34は、図9に示すような光学構成となっており、そのブロック図は図10に示してある。

【0056】投光ファイバ50から出た光はレンズ51で平行光あるいは集光光となり、ハーフミラー52を透過して基板30に照射される。基板30からの反射光は、ハーフミラー52とミラー53で折り返され、レンズ54にて集光されて受光マルチファイバ55端面に照射される。マルチファイバ55は中心のファイバが測定用ファイバ56に対応する。マルチファイバ55はそれぞれが傾きセンサの役割を果たしており、中心の測定用ファイバ56からどれくらいずれているかを検出する。

【0057】次に上記のごとく構成された装置の作用について説明する。

【0058】処理室1にて成膜あるいはエッチングされた被処理体30は、搬送チャンバ31内の搬送ロボット33に載せられ、カセット32へ戻される。搬送チャンバ31内の所定の位置を被処理体30が通過する際に、膜厚測定系35の光源37から被処理体30に光が照射される。

【0059】図9、図10に示すように光源37から出射した光は投・受光部38を介して被処理体30に入射光 $I_{in}$ として入射される。すなわち、投光ファイバ50からレンズ51およびハーフミラー52を通過して入射する。そして、被処理体30で反射した反射光 $I_{out}$ は投・受光部38で受光される。すなわち、ハーフミラー52およびミラー53で折り返され、レンズ54にて集光されて受光マルチファイバ55端面に照射される。

【0060】受光マルチファイバ55のうち膜厚測定用ファイバ56で受光した光は膜厚測定部39のうち分光スペクトル検出部40に入力される。この分光スペクトル検出部40は、被処理体30に入射される光の波長に対する反射率の関係を予め格納されているデータから検出する。分光スペクトル検出部40で検出された波長に対する反射率の関係より、極値算出部41で反射分光スペクトルの極大値と極小値が算出される。さらに、極値算出

部41で算出された反射分光スペクトルの極大値と極小値に基づいて膜厚算出部42にて膜厚が算出される。

【0061】また、受光マルチファイバ55で受光した光は、傾き測定部60の傾き検出部61に送られる。ここでは、図11のようにファイバ群の中心、すなわち、膜厚測定用ファイバ56からどれくらいずれているかを検出し、それに相当する傾きを検出する。その結果に基づき、チルトステージ制御部62からチルトステージ63へ信号が送られ、光軸調整が行われる。

【0062】もしここで、被処理体30が傾いていると、本来先に示した図5(a)のような分光スペクトルが分光スペクトル検出部40にて検出されるところ、図5(b)のように、光量が低く、極値が多い（膜がより厚い）スペクトルとなる。これはすなわち、先に示した図7(a)および(b)に示すように、膜厚測定系35から出た光は測定する膜の中を斜めに透過することになり、被処理体30に対して垂直に入射した場合に比べ、 $D(1 - \cos \theta) / \cos \theta$ だけ膜が厚くなることから発生している。この時、受光マルチファイバ55端面では、図11(a)のように、反射光スポット57はファイバ群中心、すなわち、膜厚測定用ファイバ56から外れた位置に集光されている。

【0063】この時、このスポットのずれ具合を傾き検出部61にて検出し、傾きを算出する。その結果に基づき、チルトステージ制御部62にてチルトステージ63を調整し、光軸を基板に対し垂直に合わせると、照射スポットは図11(b)のように膜厚測定用ファイバ56と一致させる。その状態で膜厚を測定することにより、精度良く測定することができる。

【0064】この傾き検知は、基板傾きに応じて常に光軸を調整し続けることで、搬送中に被処理体30が任意の方向に傾いていても精度良く膜厚を算出することができる。また、搬送ロボット33の移動量を同時に測定することで、被処理体30の所定位置を狙って測定することもできる。

【0065】更に、ここで測定した膜厚値を用いて被処理体30の成膜あるいはエッチングレート（プロセス条件）を求めるフィードバックループを構成することで、膜厚のバラツキを抑えた、良好な成膜あるいはエッチングを行うことができる。

【0066】またこの膜厚測定装置を薄膜処理装置1に組込むことで、成膜あるいはエッチングに限らず、段差や穴深さの測定を行う処理装置にて基板搬送中に基板の傾きが伴うような工程にも適用できる。

【0067】よって、本実施の形態によれば、薄膜処理装置で、被処理体を搬送中に薄膜の膜厚測定を行う際に、従来の干渉分光方式では困難であった、例えば搬送中に傾きを伴う被処理体に対しても精度良く膜厚測定を行うことができる。またその膜厚結果を用いて、薄膜処理装置を精度良く制御・管理することができる。

【0068】[第3の実施の形態]次に、図12乃至図15を参照して本発明の第3の実施形態に係る膜厚測定方法・装置について説明する。

【0069】図12に示すように、処理室1の側壁の内側には、この側壁で隔てられた搬送チャンバ31が設けられており、その側壁の静電チャック8の側方位置には搬送チャンバ31内に設けられた後述する搬送ロボットが進退する進退部が設置されている。搬送チャンバ31の処理室1と隣接した側壁と異なる側壁にはカセット32が隣接して設置されている。

【0070】搬送チャンバ31は、内部には被処理体30を保持して、処理工程に応じてカセット32と処理室1へそれぞれ搬送する搬送ロボット33と、搬送軌跡に対して投光・受光する位置（成膜あるいはエッチングされる基板面に正対する位置）に膜厚測定ユニット34が設けられている。

【0071】膜厚測定ユニット34は、図13にその光学的な構成を示すように、光源37、投光ファイバ50、ファイバカブラ70、受光ファイバ71、膜厚測定部39から構成される。膜厚測定部39は、分光スペクトル検出部40、極値算出部41および膜厚算出部42を備えている。

【0072】ファイバカブラ70は、図14に示すように投光ファイバ用レンズ72、ビームスプリッタ73、ミラー74および受光ファイバ用集光レンズ75から構成されている。

【0073】次に、上記のごとく構成された装置の作用について説明する。

【0074】処理室1にて成膜あるいはエッチングされた被処理体30は、搬送チャンバ31内の搬送ロボット33に載せられ、カセット32に戻される。搬送チャンバ31内の所定の位置を被処理体30が通過する際に、膜厚測定系34の光源37から被処理体30に光が照射される。

【0075】光源37から出射した光は投光ファイバ50からファイバカブラ70を介して被処理体30に入射される。カブラ70内では、投光ファイバ50からレンズ72およびビームスプリッタ44を通過していく。そして、被処理体30で反射した反射光は、ファイバカブラ70を介して受光ファイバ38へ集められる。カブラ70内では、ビームスプリッタ73およびミラー74で折り返され、集光レンズ75にて集光されて受光ファイバ71端面に照射される。

【0076】ここで、受光ファイバ71の径は、投光ファイバ50の径に比べ、たとえば4～5倍大きくなっている。これが本第3の実施形態の特徴である。レンズ72と75とが同じ焦点距離であれば、受光ファイバ71端面には投光ファイバ50と同じ径のスポットが形成されることになる。もし受光ファイバ71の径が投光ファイバ50の径と同等であった場合、被処理体30の傾き

の影響を受けて受光ファイバ71へのスポット位置がずれ、正確な膜厚算出に必要な光量を得られなくなるが、受光ファイバ71の径を大きく取ることによって、ある程度被処理体30に傾きが生じて、安定して反射光を受光することができる。

【0077】一方、第1、第2の実施形態のように被処理体30の傾きを検出して光軸ずれを補正しながら膜厚測定を行う方法は、その搬送速度が高速な場合では、軸補正を行っている間も搬送ロボット33は移動しているため正確な位置決め及び光軸補正は難しい。また、測定用に搬送をストップさせると、それはスループットの低下につながるため好ましくない。そこで前述した光学系を用いることにより、多少の被処理体30の傾きがあつたとしても安定して反射光を受光し膜厚算出を行うことができる。

【0078】ここで、投光ファイバ50の径と受光ファイバ71の径、およびレンズ系の光学的特性は、この光学系を設置するときの被処理体30との位置関係や、搬送中の被処理体30の傾き具合に応じて最適化したものを採用する。

【0079】また、この膜厚測定のタイミングを搬送ロボット33の動きと連動させることで、被処理体30の所定位置を狙って測定することもできる。さらに、ここで測定した膜厚値を用いて被処理体30の成膜あるいはエッチングレート（プロセス条件）を求めるフィードバックループを構成することで、膜厚のバラツキを抑えた良好な成膜あるいはエッチングを行うことが出来る。

【0080】また、この膜厚測定装置を処理装置1に組込むことで、成膜あるいはエッチングに限らず、段差や穴深さ測定を行う処理装置にて基板の傾きが伴うような工程にも適用できる。

【0081】[半導体装置の製造方法への適用]次に、上述した膜厚測定方法を用いた本発明に係る半導体装置の製造方法について、IC、LSIの製造方法を例にあげて説明する。

【0082】半導体装置の製造工程は、大きく分けて、シリコンウエハ上にIC回路を形成する「前工程」と完成したウエハ上のIC回路を検査した後にウエハを切り分け、良品チップだけをリードフレームに乗せてチップ上とリードフレーム上の電極同士を電氣的に接続（ボンディング）してモールド樹脂で封入して製品として完成させる「後工程」とから成る。

【0083】これら「前工程」と「後工程」とを更に、LSIの代表的なデバイスであるN型MOSトランジスタを例に簡単に説明すると次の通りである。

【0084】すなわち、「前工程」は、シリコンウエハ表面に酸化膜、窒化膜を成膜し、これらの成膜工程後にフォトリソを塗布してリソグラフィ（露光）工程により回路パターンを焼き込みパターンニングを行う。露光後に現像工程が行われエッチング工程によりパターン

が加工される。エッチング後にレジストが剥離され、洗浄後に不純物を取り除く。洗浄後に酸化膜を形成しさらにエッチング、洗浄後にゲート絶縁膜を成長させ、その上に多結晶シリコン膜を成長させる。そしてこの多結晶シリコン膜の上にリソグラフィ工程によりゲート電極パターンを加工し、その後不純物を導入して層間絶縁膜を堆積させ、この絶縁膜に電極引出し用のコンタクト穴を開く。その後配線となる金属膜を堆積してリソグラフィにより金属膜を加工して配線パターンを形成する。その後に保護膜をウエハ全面に成膜し、リソグラフィにより外部電極引き出し用の開口部を形成する。

【0085】以上のようなレジスト塗布、パターン露光、エッチング、レジスト剥離の工程が繰り返されて複数層の IC 構造が決定されて積み重ねられていく。

【0086】その後、ウエハ上に作られた個々のチップの良・不良を判定する G/W (Goodchip/Wafer) 工程が行われる。

【0087】この G/W チェック後に次の「後工程」に進む。すなわち、「前工程」で回路パターンまで作りこまれたウエハをカッターで 1 個、1 個のチップに切り分けるダイシング工程が行われ、G/W 工程で良品 IC チップと判定されているチップをリードフレームのアイランド上にマウントする。その後チップの電極パッドとリードフレームのリードをボンディング工程により電気的に接続する。電気接続後にチップの搭載されたリードフレームをモールド樹脂で封入し、最後にリードフレームから IC を 1 個ずつ切り離しリードを形成して種々の検査を行って合格したものが製品として出荷される。

【0088】上述した第 1 乃至第 3 の実施の形態に示した膜厚測定が関連する半導体製造工程は、例えば成膜工程やエッチング工程であり、これらの成膜工程やエッチング工程において、シリコンウエハ等の被処理体に施した膜の厚さを精度良く管理するものである。その結果、本発明を用いることにより半導体装置の製造プロセスにおいて、歩留まり向上に多大な効果を奏するものである。

【0089】なお、上記第 1 乃至第 3 の実施の形態で説明した膜厚の測定方法・装置については被処理体 30 として、シリコンウエハなどの半導体製造のための基板の他に、液晶表示装置の製造のために用いられるガラス基板などに薄膜を形成する場合にもその膜厚測定に適用でき、その適用分は半導体分野に限定されないものである。

【0090】

【発明の効果】本発明によれば、被処理体を搬送中に薄膜の膜厚測定を行う際に、従来の干渉分光方式では困難であった、例えば、搬送中に傾きを伴う被処理体や、搬送中の振動を伴う被処理体に対しても精度良く膜厚測定を行うことが出来る。

【0091】また、その膜厚結果を用いて、薄膜処理装置を精度よく制御・管理することができると共に半導体製造プロセスの歩留まり向上に多大な効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】プラズマ処理装置の概略断面図。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態に係り、処理室と搬送チャンバとカセットとの配置の模式図。

【図 3】本発明の第 1 の実施形態に係る膜厚測定系のブロック図。

【図 4】本発明の第 1 の実施形態に係る膜厚測定ユニットで、(a) は平面図、(b) はその側面図。

【図 5】本発明の実施の形態の分光スペクトル検出部で検出した反射分光スペクトルを示すグラフ。

【図 6】膜厚測定部の受光部に入る光の説明図で、

(a) は正規の場合、(b) は被処理体が傾いている場合。

【図 7】(a) 被処理体が正規の場合の光路の説明図、

(b) は傾いている場合の光路の説明図。

【図 8】本発明の第 2 の実施形態に係る処理室と搬送チャンバとカセットとの配置の模式図。

【図 9】本発明の第 2 の実施形態に係る膜厚測定系の光学的構成図。

【図 10】本発明の第 2 の実施形態に係る膜厚測定系のブロック図。

【図 11】本発明の第 2 の実施形態に係るマルチ光ファイバの模式図。

【図 12】本発明の第 2 の実施形態に係る処理室と搬送チャンバとカセットとの配置の模式図。

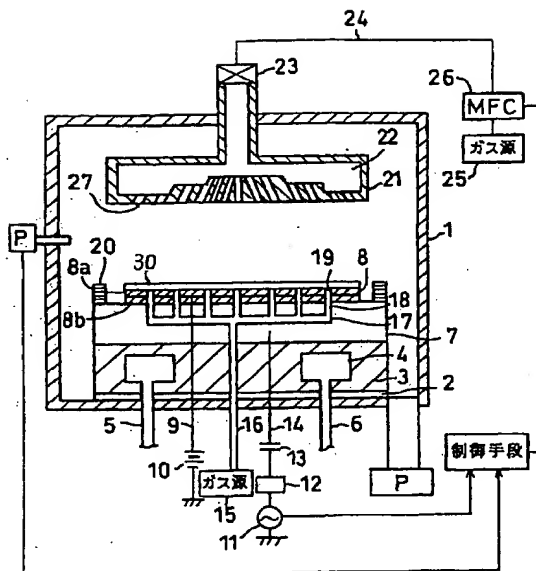
【図 13】本発明の第 3 の実施形態に係る膜厚測定系のブロック図。

【図 14】本発明の第 3 の実施形態に係る膜厚測定系の光学的構成図。

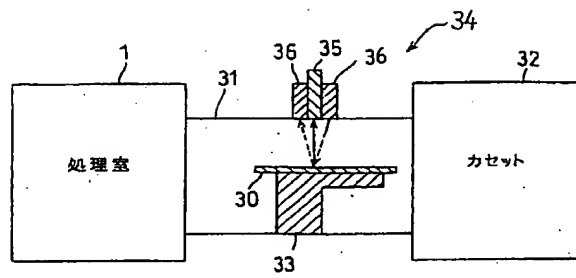
【符号の説明】

- 1 処理室、
- 30 被処理体、
- 1 搬送チャンバ
- 2 カセット
- 34 膜厚測定ユニット
- 35 膜厚測定系
- 1 候きセンサ
- 2 光源
- 38 投・受光部
- 1 膜厚測定部
- 2 分光スペクトル検出部
- 3 極値算出部
- 4 膜厚算出部
- 44 投光部
- 45 受光部

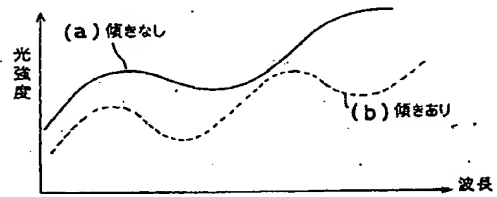
【図1】



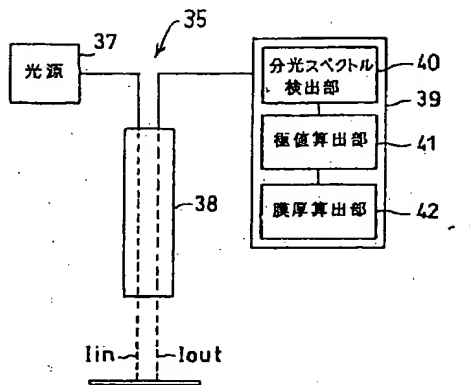
【図2】



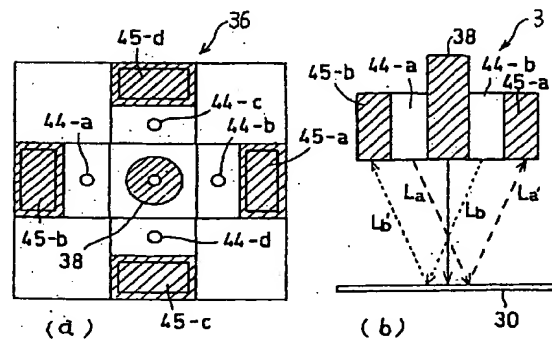
【図5】



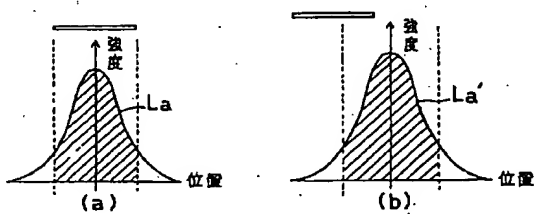
【図3】



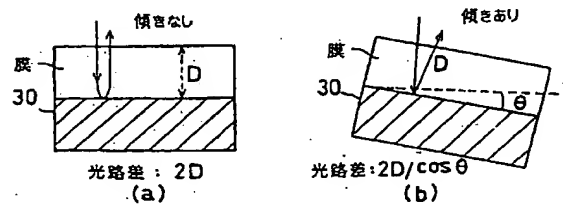
【図4】



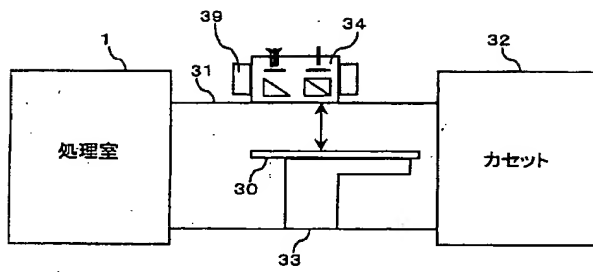
【図6】



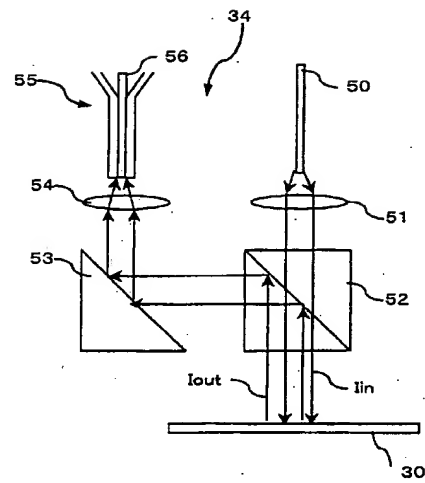
【図7】



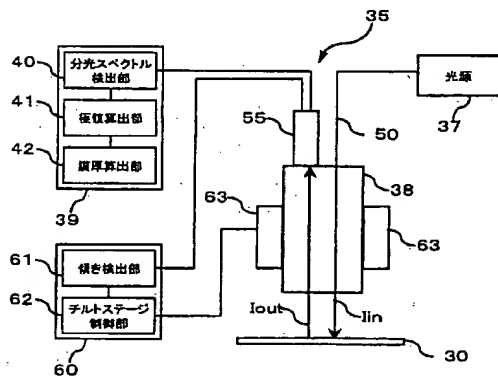
【図8】



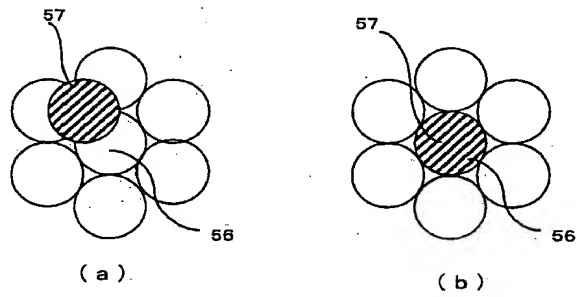
【図9】



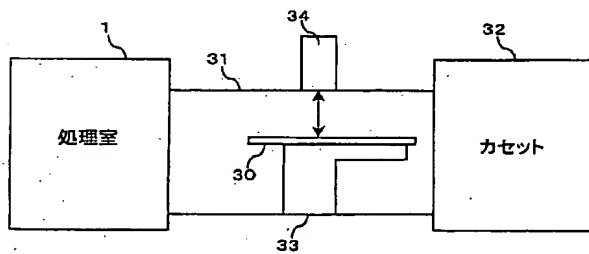
【図10】



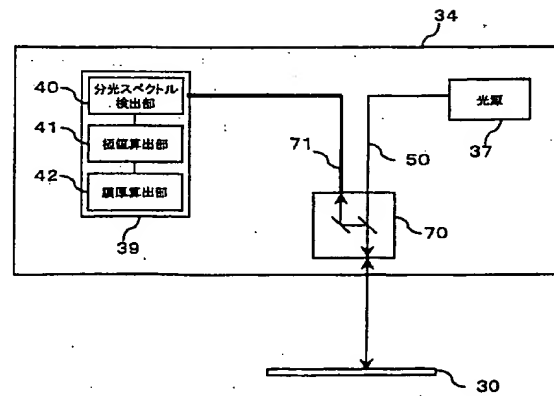
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

